

## ⑯公開特許公報(A) 昭62-89816

⑯Int.Cl.<sup>4</sup>  
C 21 D 8/12識別記号  
A-8417-4K

⑯公開 昭和62年(1987)4月24日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全6頁)

⑯発明の名称 打抜き性の優れた電磁鋼板の製造方法

⑯特 願 昭60-230403

⑯出 願 昭60(1985)10月16日

⑯発明者 勝 信一郎 茨城県鹿島郡鹿島町大字光3番地 住友金属工業株式会社  
鹿島製鉄所内⑯発明者 杉 沢 精一 茨城県鹿島郡鹿島町大字光3番地 住友金属工業株式会社  
鹿島製鉄所内⑯発明者 浜 松 茂 喜 茨城県鹿島郡鹿島町大字光3番地 住友金属工業株式会社  
鹿島製鉄所内⑯発明者 中 居 修 二 茨城県鹿島郡鹿島町大字光3番地 住友金属工業株式会社  
鹿島製鉄所内

⑯出願人 住友金属工業株式会社 大阪市東区北浜5丁目15番地

⑯代理人 弁理士 富田 和夫 外1名

最終頁に続く

## 明細書

## 1. 発明の名称

打抜き性の優れた電磁鋼板の製造方法

## 2. 特許請求の範囲

重量割合にて、

C : 0.1 ~ 1.0 %, Si : 3.5 % 以下

を含有し、かつ

Ni : 2.0 % 以下。

Al : 1.0 % 以下。

Cu : 1.0 % 以下

のうちの1種以上をも含むとともに、残部がFe及び不可避不純物から成る細を熱間圧延及び冷間圧延し、その後600 ~ 800°Cで再結晶焼純することによってグラファイトを析出させることを特徴とする、優れた打抜き性と磁気特性とを兼備した電磁鋼板の製造方法。

## 3. 発明の詳細な説明

## &lt;産業上の利用分野&gt;

この発明は、優れた磁気特性を有する上、打抜き性が極めて良好な電磁鋼板を製造する方法に関するものである。

## &lt;背景技術&gt;

一般に、電磁鋼板は各種変圧器、安定器、或いは各種電動機等の鉄芯用材料として使用されているが、近年、電気製品の小型・高性能化や省エネルギー化等の観点から、磁気特性の一層優れた高性能電磁鋼板に対する要望が高まつてきている。

一方、電磁鋼板には、変圧器や電動機の鉄芯に成形される際に打抜き・積層の工程が施されるところから、磁気特性に優れることはもちろん、良好な打抜き性を備えていることも要求されている。

このため、従来、電磁鋼板の打抜き成形に当つては、その表面にアクリル樹脂等の有機成分を主体としたコーティングを行うことで、電気絶縁性の確保とともに打抜き加工のための潤滑性付与の対策がとられていたが、電気製品の組立てに際し

積層された鉄芯を固定するために端部を溶接することも行われることがあり、この場合には、溶接中にコーティング皮膜中の有機成分が蒸発してプローホール等の溶接欠陥を発生しやすいので、必然的にコーティング膜厚が制限されてしまうと言う問題があつた。

このようなことから、材料自体が優れた打抜き性を有するような電磁鋼板の開発も強く望まれていたのである。

ところで、電磁鋼板の打抜き作業を続けると、打抜き金型が摩耗され、ポンチとダイスとの間のクリアランスが次第に広がることとなつて打抜き品の“かえり”が増大してくる。このため、前記“かえり”が或る値よりも大きくなると型研磨を行う必要が生じる。従つて、電磁鋼板においては、1回当たりの型研磨においてより多く打抜ける鋼板ほど打抜き性が良好であると評価されている。

即ち、電磁鋼板の打抜き性を向上させるには、快削鋼にみられるように、析出物や介在物を多量

と素地中の固溶Cが極めて少なくなり、しかも析出したグラファイトは粒成長性や磁壁の移動等を妨げることがないので、素地をSiやAl等の過電流損を下げるのに有効な元素を含んだフェライト組織とすれば、従来の極低C系電磁鋼板なみの磁気特性を有する電磁鋼板が得られること。

この発明は、上記知見に基づいてなされたものであり。

C : 0.1 ~ 1.0 % (以下、成分割合を表わす%は重量%とする)。

Si : 3.5 % 以下

を含有し、かつ

Ni : 2.0 % 以下。

Al : 1.0 % 以下。

Cu : 1.0 % 以下

のうちの1種以上を含むとともに、残部がFe及び不可避不純物から成る鋼を熱間圧延及び冷間圧延し、その後600~800°Cで再結晶焼純してグラファイトを析出させることによつて、優れた打抜き性と磁気特性とを兼備した電磁鋼板を得る点。

に含まれて打抜き時の鋼板の“ちぎれ性”を上げることが有効とされている。

しかしながら、電磁鋼板の磁気特性を向上させるためには、C等の不純物元素を極力少なくするとともに析出物や介在物等も抑えることが必要であるとされており、高級電磁鋼板ほど打抜き性が劣化すると言う懸念で厄介な問題が存在していた。

#### 〈問題点を解決するための手段〉

本発明者等は、電磁鋼板の製造における上述の如き問題点を解消し、優れた磁気特性と良好な打抜き性とを兼備した電磁鋼板を提供すべく研究を重ねた結果、以下に示す如き知見が得られたのである。即ち、

(a) 従来の電磁鋼板における常識よりもはるかに多量のCを含有せしめた鋼を、通常の電磁鋼板製造工程通りに熱間圧延し冷間圧延した後、これに特定条件の焼純を施すと、鋼板素地中に粗大グラファイトが析出して、これが鋼板の“ちぎれ性”を向上するので打抜き性が格段に向上すること。

(b) 上記のように粗大グラファイトが析出する

に特徴を有するものである。

次いで、この発明の方法において素材鋼の成分組成及び処理条件を前記の如くに数量限定した理由を説明する。

#### A. 素材鋼の成分組成

##### a) C

Cは所定の焼純によつて鋼板中に粗大グラファイトとして析出し、鋼板の打抜き性を向上させる成分であるが、その含有量が0.1%未満では粗大グラファイトの析出が困難となつて十分な打抜き性向上効果を確保できず、一方1.0%を超えて含有すると熱間圧延が難かしくなることから、C含有量は0.1~1.0%と定めた。

##### b) Si

Siは電磁鋼板の磁気特性向上やグラファイトの析出促進に有効な成分であるが、その含有量が3.5%を超えると鋼の加工性を劣化することから、Si含有量は3.5%以下と定めた。なお、Siは極く微量であつてもそれなりの効果を発揮するが、好ましくは0.1%以上の含有量を確保するのが良い。

## C) Ni, Ae, 及びCu

これらの成分もグラファイトの析出促進に有効な元素であり、極く微量の添加であつてもそれなりの効果を發揮するので1種以上含有せしめられるものであるが、2.0%を越えるNi, 1.0%を越えるAe, そして1.0%を越えるCuを含有させてもグラファイト析出促進効果はそれほど顕著に向上升せず、経済的に好ましくないことから、Ni含有量は2.0%以下と、Ae含有量は1.0%以下と、そしてCu含有量は1.0%以下とそれぞれ定めた。

## B. 再結晶焼純温度

この発明の方法において実施される再結晶焼純は、電磁鋼板に必要な組織を確保するためのみならず、鋼板表面中にグラファイトを析出させて打抜き性の改善と固溶Cによる磁気特性劣化傾向の防止とを図るためのものもあるが、該焼純温度が600°C未満であると、十分なグラファイトの析出が達成されずに満足できる磁気特性を安定して確保することが困難となり、また焼純温度が800°Cを越えてても同様であることから、再結晶

焼純温度は600~800°Cと定めた。

このように、前記成分系の場合には、グラファイト析出を兼ねた再結晶焼純温度として600~800°Cが最も有効であるが、グラファイトの析出を完全化するためには成分に応じて均熱時間を調整するのが好ましい。

なお、この発明の方法で実施する熱間圧延及び冷間圧延は通常の条件で十分であり、再結晶焼純には箱焼純を採用するのが良い。

次に、この発明を実施例により比較例と対比しながら説明する。

## &lt;実施例&gt;

まず、常法（転炉溶製、造塊、分塊圧延）によつて第1表に示される如き成分組成の鋼スラブを得た後、これに熱間圧延を施して2.3mm厚の熱延コイルとし、次いでこれを酸洗してから、冷間圧延により0.5mm厚の冷延コイルとした。

続いて、上記冷延コイルに更にグラファイト析出焼純を兼ねた再結晶焼純を施し、得られた電磁鋼板についてその磁気特性並びに打抜き性を測定

第 1 表

組種	化 学 成 分 (重 像 %)					
	C	Si	Ni	Ae	Cu	Fe 及び不可避不純物
本発明対象鋼	A 0.6	2.88	—	0.621	—	残
	B 0.8	1.51	2.00	0.996	—	残
	C 0.9	1.43	1.99	0.008	—	残
	D 0.1	0.52	—	0.001	—	残
	E 0.6	2.87	1.01	0.001	—	残
	F 0.9	1.42	—	0.001	0.80	残
	G 0.1	0.53	—	0.101	0.02	残
	H 0.8	1.51	1.52	0.001	0.03	残
	I 0.5	2.60	0.43	0.210	0.05	残
従来鋼	J 0.003*	2.51	—	0.581	—	残
	K 0.002*	0.86	—	0.164	—	残
	L 0.004*	1.47	—	0.206	—	残
	M 0.003*	0.52	—	0.001	—	残

(注) \*印は、本発明の条件から外れていることを示す。

試験番号	供試鋼	熱間圧延条件			再結晶グラファイト析出焼鍛条件		磁気特性 [L+T]					剪断ストローク比 (%)
		加熱温度 (°C)	仕上温度 (°C)	巻取温度 (°C)	焼鍛手段	温度 (°C) × 均熱時間	W10% (W/R <sub>0</sub> )	W16% (W/R <sub>0</sub> )	B <sub>3</sub> (T)	B <sub>28</sub> (T)	B <sub>60</sub> (T)	
本発明例	1 A	1200	850	700	箱焼鍛	670°C×24h	1.37	2.82	1.283	1.590	1.673	52
	2 B						1.97	4.83	1.311	1.587	1.673	60
	3 C						2.41	6.01	1.282	1.572	1.664	58
	4 D						3.72	7.58	1.242	1.653	1.760	65
	5 E						1.82	3.89	1.261	1.582	1.671	55
	6 F						2.63	5.71	1.262	1.573	1.676	61
	7 G						2.81	6.57	1.273	1.662	1.751	68
	8 H						2.43	5.13	1.248	1.576	1.677	50
	9 I						1.83	3.79	1.241	1.561	1.662	62
比較例	10 J						1.48	3.01	1.250	1.580	1.679	75
	11 K						2.32	5.05	1.298	1.651	1.725	70
	12 L						2.17	4.51	1.225	1.588	1.681	73
	13 M				連続焼鍛	780°C×40s	3.21	6.52	1.250	1.668	1.753	78

第 2 表

した。

得られた結果を、処理条件とともに第3表に示す。

なお、電磁鋼板の打抜き性評価は、一般的には“かえり”が 50 μm になるまでの打抜き回数を測定することで行われているが、それには莫大な試験片が必要であり、また金型の抜取りや測定等にも多くの時間を要する。

ところが、第1図で示されるような“1回の打抜き時のポンチストロークと打抜き荷重の変動関係”を測定し、その結果を比較すると、電磁鋼板の打抜き性を的確に評価できることが本発明者等によつて見出された。

即ち、第1図において、矢印の範囲で示す剪断ストローク(S)は、打抜き中に材料がその粘りによつて剪断的に破断する部分に対応し、打抜き破面上では剪断破面として現われる部分である。従つて、この剪断ストロークが板厚に比べて少ないほど材料は脆弱に打抜かれたこととなつて“かえり”が小さくなるものであるから、前記剪断ストロー

クの比較、特に、式

$$\text{剪断ストローク比} = \frac{S}{t} \times 100 (\%)$$

[但し、S : 剪断ストローク、  
t : 板厚]

で表わされる剪断ストローク比の比較により打抜き性を的確に評価することができる。

従つて、ここでは「打抜き性」を「剪断ストローク」で表示した。

第2表に示される結果からも、本発明で規定する条件を満たす成分組成の鋼を本発明で規定する条件通りに処理することにより、磁気特性並びに打抜き性が共に優れた電磁鋼板を得られることが明らかである。

また、第2図は、本発明の方法によつて製造された鋼板と C 含有量以外はほぼ同一組成の従来鋼（極低 C 鋼）から製造された鋼板について剪断ストローク比と剪断強さとの関係を比較してグラフ化したものであるが、該第2図からも、本発明の方法による鋼板は従来のものに比較して打抜き時

の“かえり”が小さく、また金型の摩耗も少ないことが窺え、打抜き性が著しく改善された電磁鋼板であることは一目瞭然である。なお、“かえり”が  $50 \mu\text{m}$  になるまでの実際の打抜き回数は、例えば比較例 10 のものは 3 万回程度であったのに対し、本発明例 1 のものは 40 万回を越えていた。

ところで、第 3 図は、試験番号 1 で示された手段によつて製造された電磁鋼板の断面を示す顕微鏡写真であるが、十分なグラフアイトの析出が明瞭に認められ、打抜き性が改善された理由が良く理解できる。なお、このときの素地中に固溶している C 濃度を測定したところ、その値は 50 ppm 以下となつてゐることが確認された。

#### ＜総括的な効果＞

上述のように、この発明によれば、優れた磁気特性を有することはもちろんのこと、同時に極めて良好な打抜き性をも兼備した電磁鋼板を安定して製造することが可能となるなど、産業上有用な効果がもたらされるのである。

#### 3. 図面の簡単な説明

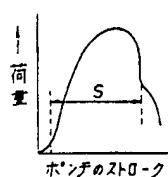
第 1 図は、電磁鋼板の打抜き時におけるポンチストロークと荷重との関係を示すグラフ。

第 2 図は、本発明材と従来材との剪断強さ及び剪断ストローク比を比較したグラフ。

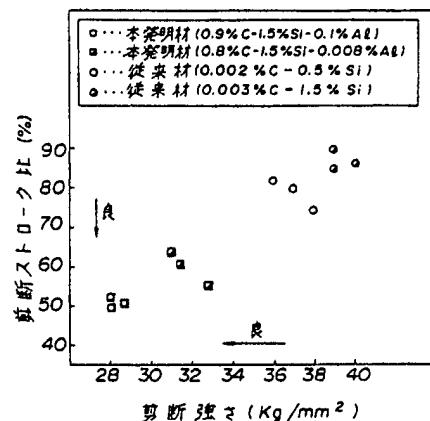
第 3 図は、実施例によつて得られた本発明電磁鋼板断面の顕微鏡組織写真図である。

出願人 住友金屬工業株式会社  
代理人 富田和夫 外 2 名

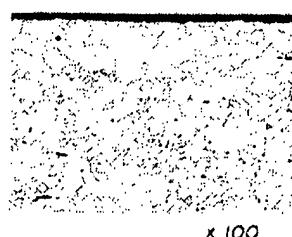
第 1 図



第 2 図



第 3 図



第1頁の続き

②発明者 豊田

守

茨城県鹿島郡鹿島町大字光3番地 住友金属工業株式会社  
鹿島製鉄所内